

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

JP:971 U.S. PTO  
09/883949  
06/20/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年12月 7日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-372771

出 願 人

Applicant(s):

松下電器産業株式会社

2001年 5月31日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造

出証番号 出証特2001-3049643

【書類名】 特許願

【整理番号】 174122

【提出日】 平成12年12月 7日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01R 15/04

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式  
                                会社内

    【氏名】 浜田 英伸

【特許出願人】

    【識別番号】 000005821

    【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

    【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100062144

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 青山 葆

【選任した代理人】

    【識別番号】 100086405

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 河宮 治

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 013262

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

    【包括委任状番号】 9602660

特 2 0 0 0 - 3 7 2 7 7 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光デバイス

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光が伝播するコアと、該コアを包むクラッドとからなる光ファイバの光軸に沿って一定区間に、互いに平行な複数の柱状体が前記コアを貫通してなる少なくとも一つの機能部を有することを特徴とする光デバイス。

【請求項 2】 前記機能部は、前記クラッドが部分的に除去された部分を有することを特徴とする請求項 1 に記載の光デバイス。

【請求項 3】 前記機能部を構成する前記複数の柱状体は、前記柱状体の長手方向に垂直な面について一定周期で分布してなることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の光デバイス。

【請求項 4】 前記機能部を構成する前記複数の柱状体は、前記コアを形成する物質の屈折率と異なる屈折率を有する物質からなることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の光デバイス。

【請求項 5】 前記機能部を構成する前記複数の柱状体は、空洞部からなることを特徴とする請求項 4 に記載の光デバイス。

【請求項 6】 前記機能部を構成する前記複数の柱状体は、電気光学効果を有する物質からなることを特徴とする請求項 4 に記載の光デバイス。

【請求項 7】 前記機能部に対して電界を印加する電極を備えたことを特徴とする請求項 6 に記載の光デバイス。

【請求項 8】 前記電極は、前記クラッドを部分的に除去して形成された面の少なくとも一方の面に設けられてなることを特徴とする請求項 7 に記載の光デバイス。

【請求項 9】 前記電極は、前記機能部を構成する前記複数の柱状体の長手方向に垂直な一対の面に設けられた一対の電極からなることを特徴とする請求項 8 に記載の光デバイス。

【請求項 10】 前記電極は、前記機能部を挟んで対向する平行面にそれぞれ設けられた一対の電極からなることを特徴とする請求項 8 に記載の光デバイス。

【請求項 1 1】 前記電極は、前記機能部に印加される前記電界の方向と前記光ファイバの光軸とが互いに平行となるように設けられてなることを特徴とする請求項 8 又は 9 に記載の光デバイス。

【請求項 1 2】 前記電極は、前記機能部に印加される前記電界の方向と前記光ファイバの光軸とが互いに垂直となるように設けられてなることを特徴とする請求項 8 から請求項 1 0 のいずれか一項に記載の光デバイス。

【請求項 1 3】 前記機能部は、ファラデー効果を有する物質からなることを特徴とする請求項 4 に記載の光デバイス。

【請求項 1 4】 前記機能部に対して磁界を印加する磁石を備えたことを特徴とする請求項 1 3 に記載の光デバイス。

【請求項 1 5】 前記機能部は、前記光ファイバの光軸に沿って複数個配置されてなることを特徴とする請求項 1 から 1 4 のいずれか一項に記載の光デバイス。

【請求項 1 6】 前記光デバイスは、さらに前記光ファイバの周囲を包むガイドを備えており、

前記ガイドは、前記光ファイバと接続する他の光ファイバのフェルールと略同等の径を有する筒形状からなることを特徴とする請求項 1 から 1 5 のいずれか一項に記載の光デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光通信に使用される光変調器や光アイソレータ等の光デバイスに関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

光変調器として用いられるマッハ・ツェンダ(Mach-Zehnder)型変調器は、図 8 に示すように、例えば、 $\text{LiNbO}_3$  結晶からなる基板 1 0 1 上に形成される。このマッハ・ツェンダ型変調器では、図 1 0 に示すように、導波路部は、入射側で無偏光(TM+TE) 1 0 5 の光が入射される導波路、2 つの偏光(TM 光又

はTE光)に偏光分離用の出射する各導波路、それに結合後の偏光を出射する導波路の4種類の導波路102からなる。このうち、偏光分離用の導波路には電界を印加する電極103を有している。この電極103は、信号源104から電圧を印加される。そして、出射光110は、レンズ109を用いて光ファイバ106に結合される。

## 【0003】

## 【発明が解決しようとする課題】

従来、光変調器等の光デバイスでは、高価な導波路と光変調器から光ファイバへの光学系結合に少なくとも一つのレンズを必要としている。この導波路と光ファイバとの光学系の結合には、多大な時間と労力を要するため、高コストとなっている。

## 【0004】

そこで、本発明の目的は、光ファイバと簡易に光学系の結合を行うことができる光変調器等の光デバイスを提供することである。

## 【0005】

## 【課題を解決するための手段】

本発明に係る光デバイスは、光が伝播するコアと、該コアを包むクラッドとからなる光ファイバの光軸に沿って一定区間に、互いに平行な複数の柱状体が前記コアを貫通してなる少なくとも一つの機能部を有することを特徴とする。

## 【0006】

この複数の柱状体は、その断面が多角形状や円形状等のいずれであってもよい。なお、柱状体の作成の容易さから円柱体が好ましい。

## 【0007】

また、本発明に係る光デバイスは、前記光デバイスであって、前記機能部は、前記クラッドが部分的に除去された部分を有することを特徴とする。

## 【0008】

この機能部は、クラッドが部分的に除去されているので、互いに平行な複数の柱状体を、コアを貫通して形成することが容易である。即ち、クラッド部分の厚みがおおよそ $50\mu\text{m}$ 程度あるのに対して、柱状体の直径はおおよそサブミクロンサ

イズである。このため、厚いクラッド部を部分的に除去することで、コア部を貫通させるのが比較的容易となる。

【 0 0 0 9 】

さらに、本発明に係る光デバイスは、前記光デバイスであって、前記機能部を構成する前記複数の柱状体は、前記柱状体の長手方向に垂直な面について一定周期で分布してなること特徴とする。

【 0 0 1 0 】

この機能部を構成する複数の柱状体は、例えば、三角格子、正方格子、それにハニカムをなすように分布する場合等、種々の分布を有する複数の柱状体を採用してもよい。

【 0 0 1 1 】

またさらに、本発明に係る光デバイスは、前記光デバイスであって、前記機能部を構成する前記複数の柱状体は、前記コアを形成する物質の屈折率と異なる屈折率を有する物質からなることを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

また、本発明に係る光デバイスは、前記光デバイスであって、前記機能部を構成する前記複数の柱状体は、空洞部からなることを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

なお、この空洞部は、真空であってもよく、また、気体が充填されていてもよい。

【 0 0 1 4 】

さらに、本発明に係る光デバイスは、前記光デバイスであって、前記複数の柱状体は、電気光学効果を有する物質からなることを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

この電気光学効果を有する物質としては、例えば、一次電気光学効果を示すポッケルス結晶を用いることができる。このポッケルス結晶としては、例えば、 $\text{LiNbO}_3$ 結晶、 $\text{LiTaO}_3$ 結晶、 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 結晶、 $\text{KH}_2\text{PO}_4$ 結晶等を用いることができる。

【 0 0 1 6 】

またさらに、本発明に係る光デバイスは、前記光デバイスであって、前記機能部に対して電界を印加する電極を備えたことを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

また、本発明に係る光デバイスは、前記光デバイスであって、前記電極は、前記クラッドを部分的に除去して形成された面の少なくとも一方の面に設けられてなることを特徴とする。

【 0 0 1 8 】

さらに、本発明に係る光デバイスは、前記光デバイスであって、前記電極は、前記クラッドを部分的に除去して形成された面の少なくとも一方の面に設けられてなることを特徴とする。

【 0 0 1 9 】

またさらに、本発明に係る光デバイスは、前記光デバイスであって、前記電極は、前記機能部を構成する前記複数の柱状体の長手方向に垂直な一对の面に設けられた一对の電極からなることを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

また、本発明に係る光デバイスは、前記光デバイスであって、前記電極は、前記機能部を挟んで対向する平行面にそれぞれ設けられた一对の電極からなることを特徴とする。

【 0 0 2 1 】

さらに、本発明に係る光デバイスは、前記光デバイスであって、前記電極は、前記機能部に印加される前記電界の方向と前記光ファイバの光軸とが互いに平行となるように設けられてなることを特徴とする。

【 0 0 2 2 】

またさらに、本発明に係る光デバイスは、前記光デバイスであって、前記電極は、前記機能部に印加される前記電界の方向と前記光ファイバの光軸とが互いに垂直となるように設けられてなることを特徴とする。

【 0 0 2 3 】

また、本発明に係る光デバイスは、前記光デバイスであって、前記機能部は、ファラデー効果を有する物質からなることを特徴とする。



【 0 0 2 4 】

このファラデー効果を有する物質として、例えば、ガーネット結晶、希土類鉄ガーネット結晶（Y I G 他）等を用いることができる。

【 0 0 2 5 】

さらに、本発明に係る光デバイスは、前記光デバイスであって、前記機能部に対して磁界を印加する磁石を備えたことを特徴とする。

【 0 0 2 6 】

またさらに、本発明に係る光デバイスは、前記光デバイスであって、前記機能部は、前記光ファイバの光軸に沿って複数個配置されてなることを特徴とする。

【 0 0 2 7 】

また、本発明に係る光デバイスは、前記光デバイスであって、前記光デバイスは、前記光ファイバの周囲を包むガイドをさらに備えており、

前記ガイドは、前記光ファイバと接続する他の光ファイバのフェルールと略同等の径を有する筒形状からなることを特徴とする。

【 0 0 2 8 】

このガイドとしては、例えば、キャピラリがある。

【 0 0 2 9 】

【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態について、以下、添付図面を用いて説明する。本発明の実施の形態に係る光デバイスは、光が伝播するコアと、該コアを包むクラッドとからなる光ファイバの光軸に沿って一定区間に、第 1 の機能部と第 2 の機能部からなる 2 つの機能部を有している。この第 1 の機能部と第 2 の機能部は、光ファイバの光軸に沿って一定間隔をおいて設けられている。第 1 の機能部は、前記コアを形成する物質の屈折率と異なる屈折率を有する物質からなる互いに平行な複数の柱状体コアを貫通して構成されている。具体的には、この柱状体は、例えば、電気光学効果を有する物質やファラデー効果を有する物質が充填されてなる。第 2 の機能部は、内部が空洞の互いに平行な複数の柱状体コアを貫通して構成されている。これらの機能部を有することから、この光デバイスは、2 種類の直線偏光（T M、T E）の各分散特性に相違を生じさせて偏光子や、 $\lambda/4$  板等と

して機能させることができる。

### 【 0 0 3 0 】

#### （第 1 実施の形態）

本発明の第 1 実施の形態に係る光デバイスは、光が伝播するコアと、該コアを包むクラッドとからなる光ファイバの光軸に沿って一定区間に、第 1 の機能部と第 2 の機能部からなる 2 つの機能部を有している。この第 1 の機能部と第 2 の機能部は、光ファイバの光軸に沿って一定間隔をおいて設けられている。第 1 の機能部は、コアを形成する物質の屈折率と異なる屈折率を有する物質からなる互いに平行な複数の柱状体コアを貫通して構成されている。第 2 の機能部は、内部が空洞（ホール）の互いに平行な複数の柱状体コアを貫通して構成されている。これらの機能部を有することから、この光デバイスは、2 種類の直線偏光（TM、TE）の各分散特性に相違を生じさせて偏光子や、 $\lambda/4$  板等として機能させることができる。

### 【 0 0 3 1 】

この光デバイスは、図 1 の上方から見た水平断面図と、図 2 の（a）の側断面図に示すように、光ファイバ 1 と該光ファイバ 1 の周囲を覆うキャピラリ 1 2 とからなる。この光ファイバ 1 は、光を伝達するコア 2 と、該コア 2 を包むクラッド 3 からなる。また、この光ファイバ 1 には、第 1 機能部 7 と第 2 機能部 8 とからなる 2 つの機能部を有している。この第 1 機能部 7 と第 2 機能部 8 とは、光ファイバ 1 の光軸に沿って一定間隔をおいて設けられている。まず、この第 1 機能部 7 は、光ファイバ 1 の光軸に沿って一定区間について、コアを形成する物質の屈折率と異なる屈折率を有する物質からなる互いに平行な複数の円柱体 5 が光ファイバ 1 の光軸に垂直に光ファイバ 1 のコア 2 を貫通して構成される。このポツケルス結晶からなる複数の円柱体 5 は、光ファイバ 1 の光軸に平行な面で円柱体 5 が格子をなすように分布している。

### 【 0 0 3 2 】

また、第 2 機能部は、内部が空洞の互いに平行な複数のホールが光ファイバの光軸に垂直にコアを貫通して構成されている。この複数のホールは、第 1 の機能部 7 を構成する複数の円柱体 5 と平行に設けられている。また、この複数のホー

ル 6 は、光ファイバ 1 の光軸に平行な面でホール 6 が格子をなすように分布している。

#### 【 0 0 3 3 】

さらに、第 1 の機能部 7 を構成するポッケルス結晶からなる複数の円柱体 5 に電界を印加する一対の電極 9 は、クラッド 3 を部分的に削除して形成された、コアを挟んで互いに平行な面上に設けられている。この電極 9 は、光ファイバ 1 の側方に設けられており、印加される電界方向は複数の円柱体 5 に平行となっている。また、この電極 9 に電圧を印加する信号源 1 0 は、キャピラリ 1 2 の外部に設置されている。電極 9 のもう一方は、アース 1 1 に接続されている。

#### 【 0 0 3 4 】

また、光ファイバ 1 の周囲を覆うキャピラリ 1 2 は、接続しようとする他の光ファイバ 1 3 のフェルール 1 4 とほぼ同等の外径を有している。これによって、この光デバイスを他の光ファイバ 1 3 と接続しようとする場合に、キャピラリ 1 2 を他の光ファイバのフェルールと割スリーブ 1 5 で押えて、光ファイバ間の光学系結合と同様にして光軸合わせができ、光学系の結合を容易に行うことができる。

#### 【 0 0 3 5 】

次に、この光デバイスの製造方法について説明する。この光デバイスは、光ファイバに第 1 の機能部と第 2 の機能部とを形成することによって製造される。まず、第 1 の機能部の形成について説明する。この第 1 の機能部 7 は、コアを形成する物質の屈折率と異なる屈折率を有する物質からなる複数の円柱体 5 からなる。このコアを形成する物質の屈折率と異なる屈折率を有する物質からなる複数の円柱体 5 は、例えば、次のようにして形成することができる。まず、コア 2 を貫通する互いに平行な複数の円柱状のホール（空洞部）を形成する。この円柱状のホールの形成方法としては、例えば、光ファイバの光軸に垂直にドリル等の機械的手段、レーザ等の光学的手段、エッチング等の化学的手段等によってコアを貫通する複数の微小なホールを作成する。また、このホールの作成にあたって、複数のホールが光ファイバ 1 の光軸に沿って一定の分布を有するように形成する。次いで、ゾルゲル法等でこのホールにポッケルス結晶を充填して、ポッケルス結

晶からなる複数の円柱体5を形成することができる。このポッケルス結晶は、一次電気光学効果を示す物質として知られており、例えば、 $\text{LiNbO}_3$ 結晶、 $\text{LiTaO}_3$ 結晶、 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 結晶、 $\text{KH}_2\text{PO}_4$ 結晶等を用いることができる。このほか、種々の屈折率を有する物質や気体をホールに充填してもよい。

## 【0036】

第2の機能部8は、互いに平行な複数の円柱状のホールでコア2を貫通することによって形成できる。この複数のホールは、第1の機能部7を構成する複数の円柱体5と平行に設ける。この場合、形成されたホール内は空気が充填されているのでそのまま第2の機能部8とすることができる。

## 【0037】

さらに、この光デバイスの2つの機能部による光変調機能について説明する。図3は、この光デバイスの第2の機能部の光変調機能を示している。具体的には、光ファイバのコアを貫通する円柱状のホールを周期的に分布させた場合におけるフォトリックバンドの一つのシミュレーション結果を示している。この図3で、横軸は光の伝搬方向に対応し、ブリルアンゾーン内の全方向を展開している。また、縦軸は、規格化周波数に対応する。直線はTMモードの光を示し、点線はTEモードの光を示している。この図3において、ハッチングで示した周波数帯では全ての伝搬方向でTMモードの光は存在できず、TEモードの光のみが伝搬しうることを示している。しかもこのTEモードの光の許される伝播方向は、一定の伝搬方向に限られることがわかる。そこで、このTEモードが伝搬しうる方向を光ファイバの光軸と一致させるように、円柱状のホールを分布させることが好ましい。この光デバイスは、この周波数帯の光源波長で、一定の伝搬方向についてTEモードのみを伝搬させる偏光子として機能させることができる。なお、図3のフォトリックバンドは、円柱状のホールを分布させた場合を示したが、これに限られない。例えば、円柱状のホールを種々の物質で充填して円柱体とした場合には、この円柱体を構成する物質の屈折率や円柱体の外径等によって種々変化しうる。したがって、条件によって全ての伝搬方向について、TEモードだけでなくTMモードについても偏光子として機能させることができる。

## 【0038】

## (第2実施の形態)

本発明の第2実施の形態に係る光デバイスは、第1の機能部7を構成するポッケルス結晶からなる複数の円柱体5に、光ファイバの光軸に垂直であって、かつ、円柱体5の長手方向に垂直に電界を印加するように電極9を設けたことを特徴とする。これによってポッケルス結晶からなる複数の円柱体5で構成される第1の機能部7の光変調機能を調整することができる。

## 【0039】

この光デバイスは、図4の側断面図に示すように、第1実施の形態に係る光デバイスと比較して、第1の機能部7を構成するポッケルス結晶からなる複数の円柱体5に、電界を円柱体5の長手方向に垂直に印加するように電極9を上下に設けた点で相違する。具体的には、第1の機能部7を構成するポッケルス結晶からなる複数の円柱体5に電界を印加する一対の電極9は、クラッド3を部分的に削除して形成された、コアを挟んで互いに平行な面23に設けられている。この電極9は、光ファイバ1の側方の上下に設けられており、印加される電界方向は複数の円柱体5の長手方向に垂直となっている。また、この電極9に電圧を印加する信号源10は、キャピラリ12の外部に設置されている。電極9のもう一方は、アース11に接続されている。

## 【0040】

## (第3実施の形態)

本発明の第3実施の形態に係る光デバイスは、第1の機能部7を構成するポッケルス結晶からなる複数の円柱体5に、光ファイバの光軸に平行であって、かつ、円柱体5の長手方向に垂直に電界を印加するように電極9を設けたことを特徴とする。これによってポッケルス結晶からなる複数の円柱体5で構成される第1の機能部7の光変調機能を調整することができる。

## 【0041】

この光デバイスは、図5の側断面図に示すように、第1実施の形態に係る光デバイスと比較して、第1の機能部7を構成するポッケルス結晶からなる複数の円柱体5に、光ファイバの光軸に平行であって、かつ、円柱体5の長手方向に垂直に電界を印加するように電極9を光ファイバの一側面の左右に設けた点で相違す

る。具体的には、第 1 の機能部 7 を構成するポッケルス結晶からなる複数の円柱体 5 に電界を印加する一対の電極 9 は、クラッド 3 を部分的に削除して形成された、コアを挟んで互いに平行な面 2 3 の一方に設けられている。この電極 9 は、光ファイバ 1 の一側面の左右に設けられており、印加される電界方向は、光ファイバの光軸に平行であって、かつ、複数の円柱体 5 に垂直となっている。また、この電極 9 に電圧を印加する信号源 1 0 は、キャピラリ 1 2 の外部に設置されている。電極 9 のもう一方は、アース 1 1 に接続されている。

## 【 0 0 4 2 】

## (第 4 実施の形態)

本発明の第 4 実施の形態に係る光デバイスは、第 1 の機能部 7 を構成するポッケルス結晶からなる複数の円柱体 5 に、光ファイバの光軸に垂直であって、かつ、円柱体 5 の長手方向に垂直に電界を印加するように電極 9 を設けたことを特徴とする。これによってポッケルス結晶からなる複数の円柱体 5 で構成される第 1 の機能部 7 の光変調機能を調整することができる。

## 【 0 0 4 3 】

この光デバイスは、図 6 の側断面図に示すように、第 1 実施の形態に係る光デバイスと比較して、第 1 の機能部 7 を構成するポッケルス結晶からなる複数の円柱体 5 に、電界を円柱体 5 に垂直に印加するように一対の電極 9 をコア 2 の上下面に設けた点で相違する。具体的には、第 1 の機能部 7 を構成するポッケルス結晶からなる複数の円柱体 5 に電界を印加する一対の電極 9 は、クラッド 3 を部分的に削除して形成された、コア 2 を挟んで互いに平行な面 2 3 のそれぞれに設けられている。この電極 9 は、光ファイバ 1 のコア 2 の上下面に設けられており、印加される電界方向は、光ファイバの光軸に垂直であって、かつ、複数の円柱体 5 に垂直となっている。また、この電極 9 に電圧を印加する信号源 1 0 は、キャピラリ 1 2 の外部に設置されている。電極 9 のもう一方は、アース 1 1 に接続されている。

## 【 0 0 4 4 】

## (第 5 実施の形態)

本発明の第 5 実施の形態に係る光デバイスは、光ファイバに設けた第 1 の機能

部を構成する複数の柱状体の長手方向と第2の機能部を構成する複数のホールの長手方向とが互いに垂直であることを特徴とする。それぞれの機能部の長手方向を互いに垂直とすることによって、各機能部での光変調機能の作用を調整できる。

## 【0045】

この光デバイスは、図7の側断面図に示すように、第4実施の形態と比較して、光ファイバ1に設けた第1の機能部7を構成する複数の円柱体5の長手方向と第2の機能部8を構成する複数のホール6の長手方向とが互いに垂直である点で相違する。具体的には、第1の機能部7を構成する円柱体5の長手方向は、水平方向に延びており、一方、第2の機能部8を構成するホール6の長手方向は、上下方向に延びている。

## 【0046】

## (第6実施の形態)

本発明の第6実施の形態に係る光デバイスは、電界を印加する電極を、電界方向が第1の機能部を構成する柱状体の長手方向と角度 $\theta$ をなす面に設けることを特徴とする。このように柱状体の長手方向と電界方向とを一定の角 $\theta$ をなすようにすることで、第1の機能部の光変調機能を調整できる。

## 【0047】

この光デバイスは、図8の(a)の横断面に示すように、第4実施の形態に係る光デバイスと比較して、電界を印加する電極87を、電界方向が第1の機能部7を構成する円柱体5の長手方向と角度 $\theta$ をなす面に設けている点で相違する。具体的には、コア2を残してクラッド3をほぼ除去し、円柱体5の長手方向と角度 $\theta$ をなすように一対の電極87を設けている。なお、電極87として、平行平板な電極87に代えて曲面状の電極88を用いてもよい。曲面状の電極88を設ける場合には、円柱体5の長手方向と曲面の中央の法線方向とが角度 $\theta$ をなすように設けることができる。

## 【0048】

## (第7実施の形態)

本発明の第7実施の形態に係る光アイソレータは、光ファイバの第1の機能部

を、コアを貫通しているファラデー効果を有する結晶からなる複数の円柱体で構成していることを特徴とする。このように第1の機能部がファラデー効果を有する結晶からなる円柱体で構成されているので、磁界を印加することで第1の機能部のファラデー回転角を調整できる。

#### 【0049】

この光アイソレータは、図9の上方からみた水平断面図に示すように、第1実施の形態に係る光変調器と比較して、光ファイバ1の第1の機能部7を、コア2を貫通しているファラデー効果を有する結晶からなる複数の円柱体91で構成している点で相違する。具体的には、第1の機能部7を構成する円柱体をポッケルス結晶ではなくファラデー効果を有する結晶で構成している。このファラデー効果を有する結晶としては、例えば、ガーネット結晶、希土類鉄ガーネット結晶（YIG他）等を用いることができる。さらにこのファラデー効果を有する結晶に磁界を印加する磁石94をキャピラリ12の外面に設けている。なお、磁石94は希土類磁石等の永久磁石や、電磁石を用いることができる。また、ファラデー回転角は磁界の方向によらないので、磁界を印加する方向を種々選択できる。

#### 【0050】

##### 【発明の効果】

本発明に係る光デバイスによれば、光ファイバの光軸に沿って一定区間に、互いに平行な複数の柱状体コアを貫通してなる少なくとも一つの機能部を有することから、直線偏光（TM、TE）の各分散特性に差異が生じて偏光子や $\lambda/4$ 板として機能させることができる。

#### 【0051】

また、この機能部は、クラッドが部分的に除去された部分を有するので、互いに平行な複数の柱状体を、コアを貫通して形成することが容易である。なお、このクラッド除去の面に電極を設けることができるので、機能部に一様で安定した電界を印加することができる。

#### 【0052】

さらに、本発明に係る光デバイスによれば、機能部を構成するコアを貫通している複数の柱状体は、コアを形成する物質の屈折率と異なる屈折率を有する物質



からなっている。例えば、複数の柱状体は、空気等の気体、電気光学効果を有する物質、それにファラデー効果を有する物質で充填される。これによって機能部の光変調機能を調整することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 実施の形態に係る光変調器の水平断面図である。

【図 2】 (a) 本発明の第 1 実施の形態に係る光変調器における機能部の拡大側断面図と、(b) (a) の横断面図である。

【図 3】 本発明の第 1 実施の形態に係る光変調器における第 2 機能部のフォトリックバンドを示すバンド図である。

【図 4】 (a) 本発明の第 2 実施の形態に係る光変調器における機能部の拡大側断面図と、(b) (a) の横断面図である。

【図 5】 (a) 本発明の第 3 実施の形態に係る光変調器における機能部の拡大側断面図と、(b) (a) の横断面図である。

【図 6】 (a) 本発明の第 4 実施の形態に係る光変調器における機能部の拡大側断面図と、(b) (a) の横断面図である。

【図 7】 (a) 本発明の第 5 実施の形態に係る光変調器における機能部の拡大側断面図と、(b) (a) の横断面図である。

【図 8】 (a) 本発明の第 6 実施の形態に係る光変調器における機能部の拡大側断面図と、(b) (a) の横断面図である。

【図 9】 本発明の第 7 実施の形態に係る光アイソレータにおける機能部の水平断面図である。

【図 10】 従来のマッハ・ツェンダ型光変調器の概要図である。

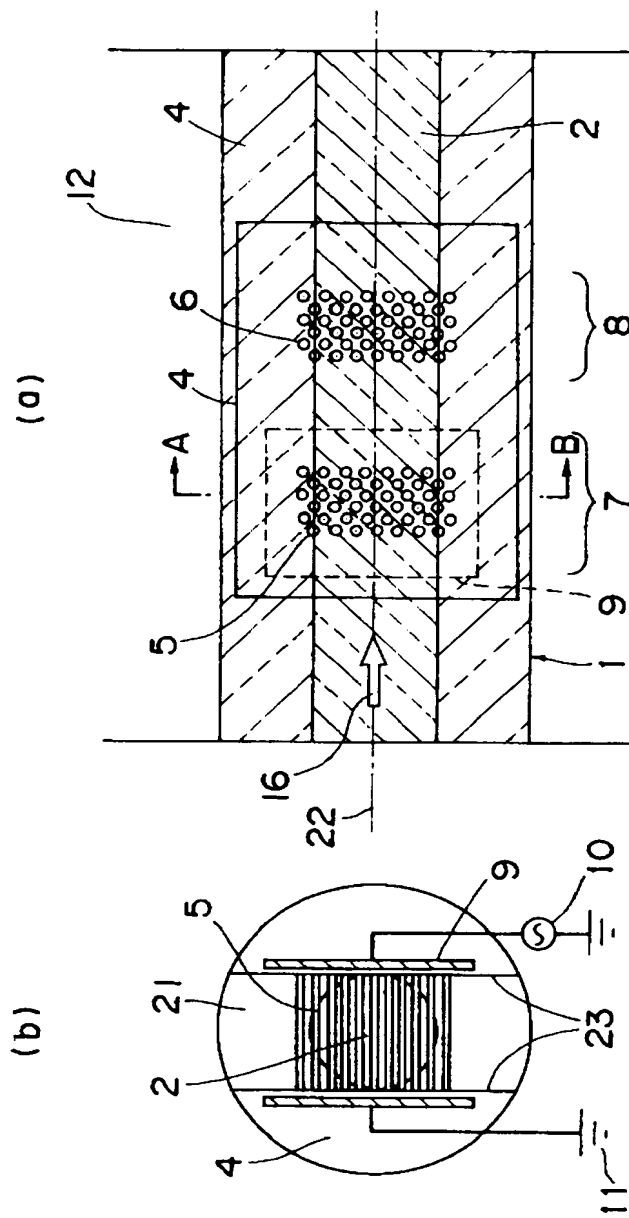
【符号の説明】

θ	円柱体と電極面法線のなす角度	1	光ファイバー
2	コア	3	クラッド
4	クラッド削除部分	5	円柱体（ポッケルス結晶）
6	ホール	7	第 1 の機能部
8	第 2 の機能部	9	（対面）電極
10	信号源	11	アース

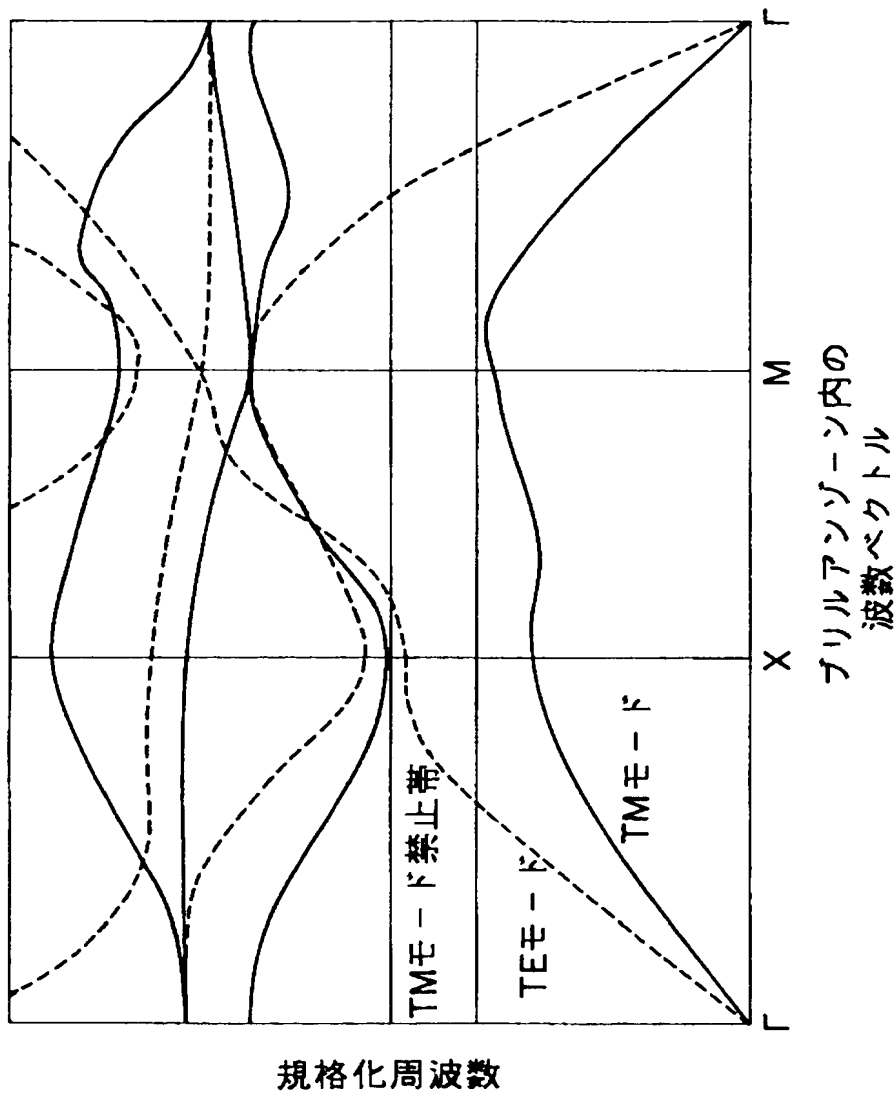
- |       |                              |       |               |
|-------|------------------------------|-------|---------------|
| 1 2   | キャピラリー (ガイド)                 | 1 3   | (他の) 光ファイバー   |
| 1 4   | フェルール                        | 1 5   | 割スリーブ         |
| 1 6   | 入射光                          | 1 7   | 出射光           |
| 2 1   | クラッド残留部分                     | 2 2   | 光軸            |
| 2 3   | 平行境界面対                       | 4 1   | (平行) 電極       |
| 5 1   | (縦列) 電極                      | 6 1   | (対面) 電極       |
| 6 2   | 第 1 の平行境界面対                  | 6 3   | 第 2 の平行境界面対   |
| 8 3   | 円柱境界面                        | 8 4   | 一定方向          |
| 8 5   | 電極面法線                        | 8 7   | (平行) 電極       |
| 8 8   | (曲面) 電極                      | 9 1   | 円柱体 (ファラデー結晶) |
| 9 4   | 磁界                           | 9 5   | 磁石            |
| 1 0 1 | 基板                           | 1 0 2 | 導波路           |
| 1 0 3 | 電極                           | 1 0 4 | 信号源           |
| 1 0 5 | 入射光                          | 1 0 6 | 光ファイバー        |
| 1 0 7 | コア                           | 1 0 8 | クラッド          |
| 1 0 9 | レンズ                          | 1 1 0 | 出射光           |
| 1 1 1 | アース                          |       |               |
| 1 1 2 | マッハ・ツェンダ (Mach-Zehnder) 型変調器 |       |               |



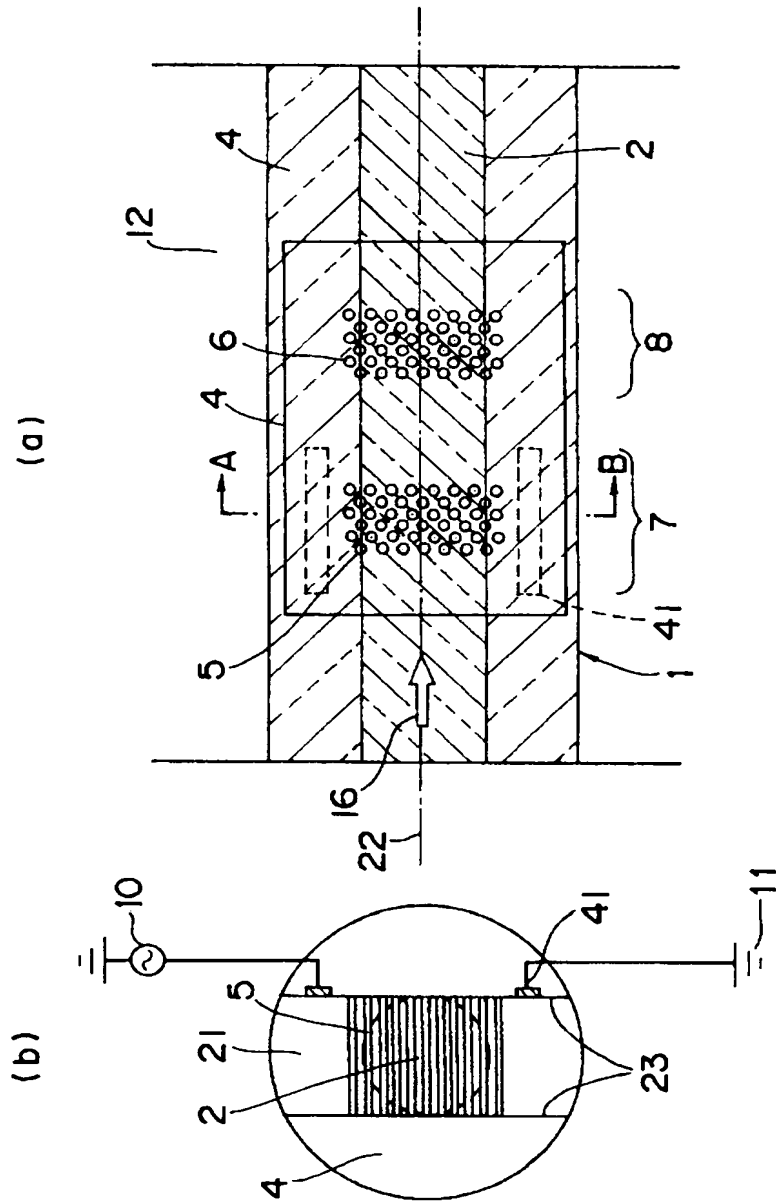
【図 2】



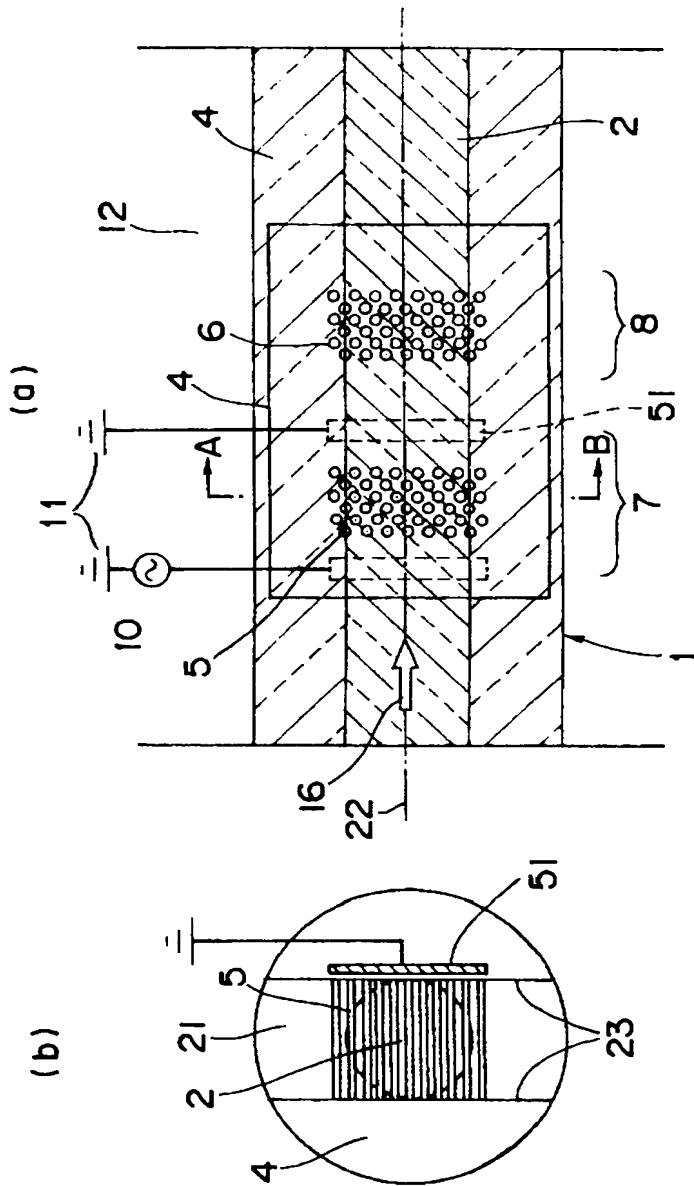
【図 3】



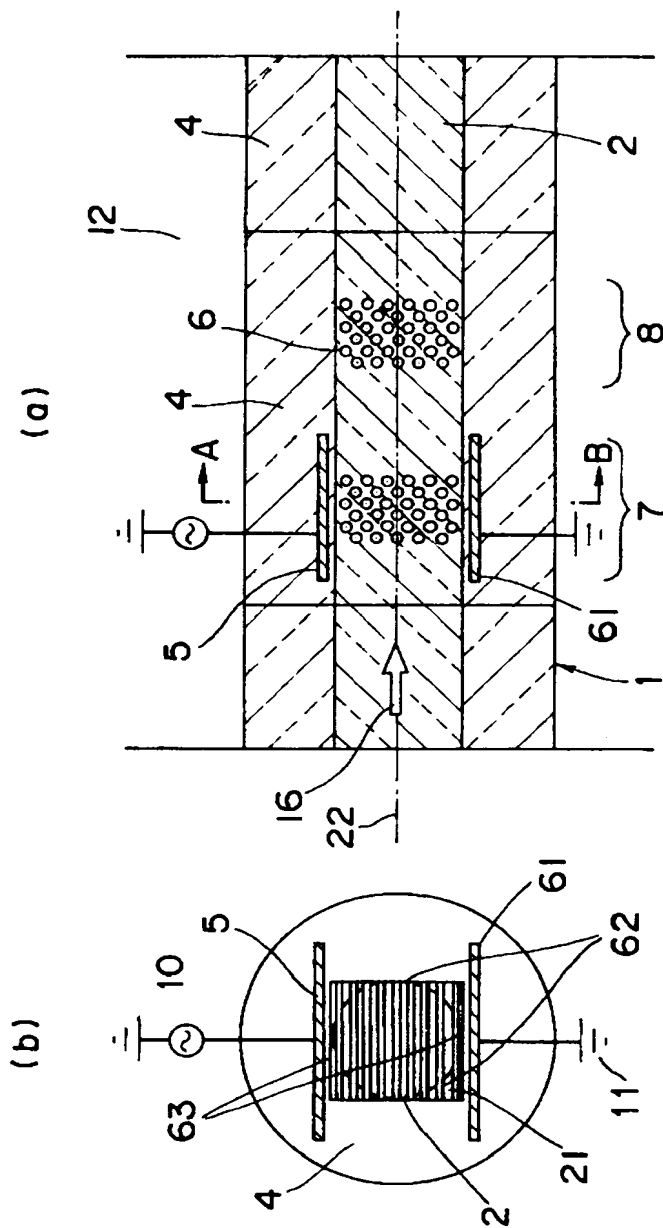
【图 4】



【図 5】

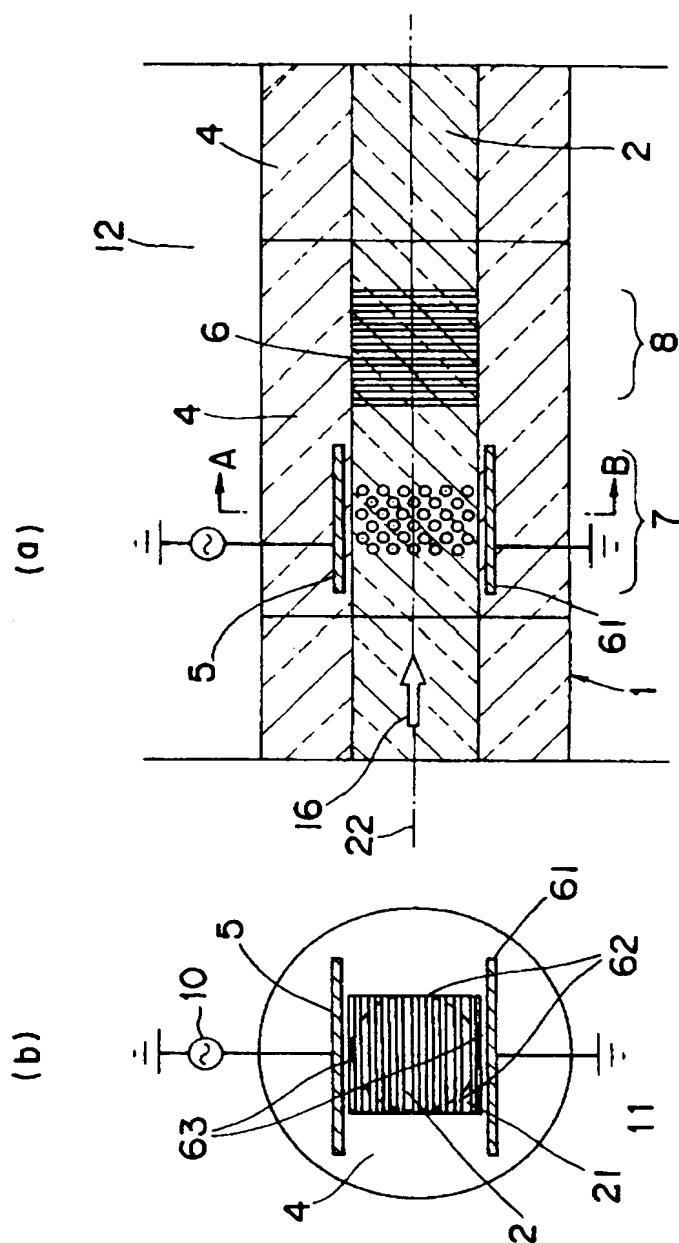


【図6】

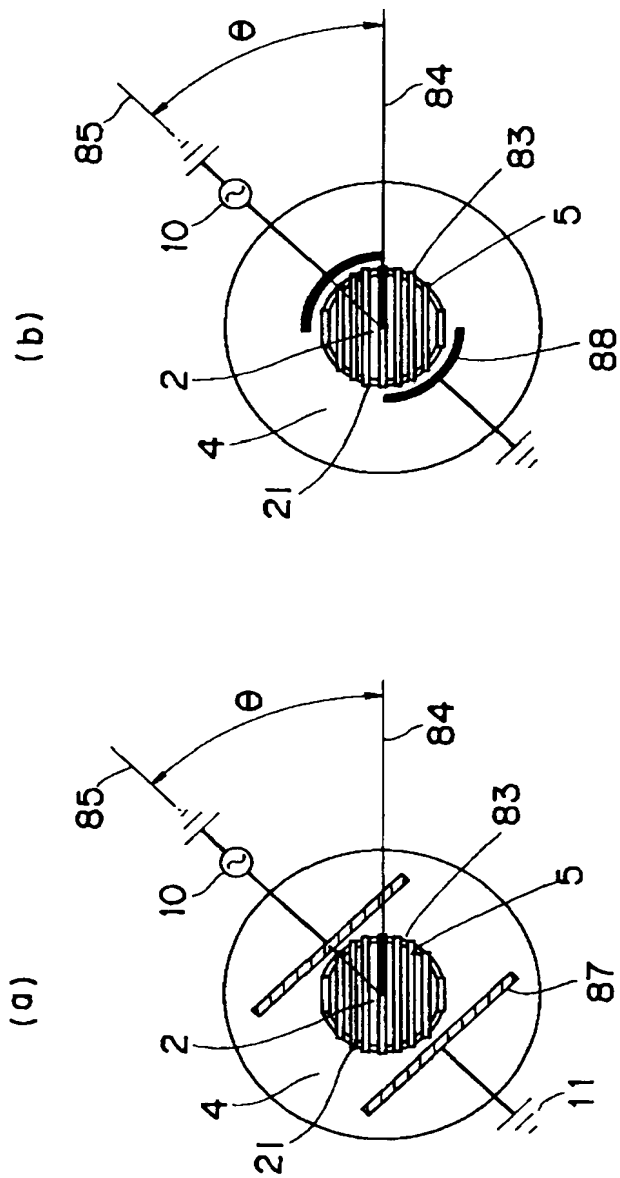




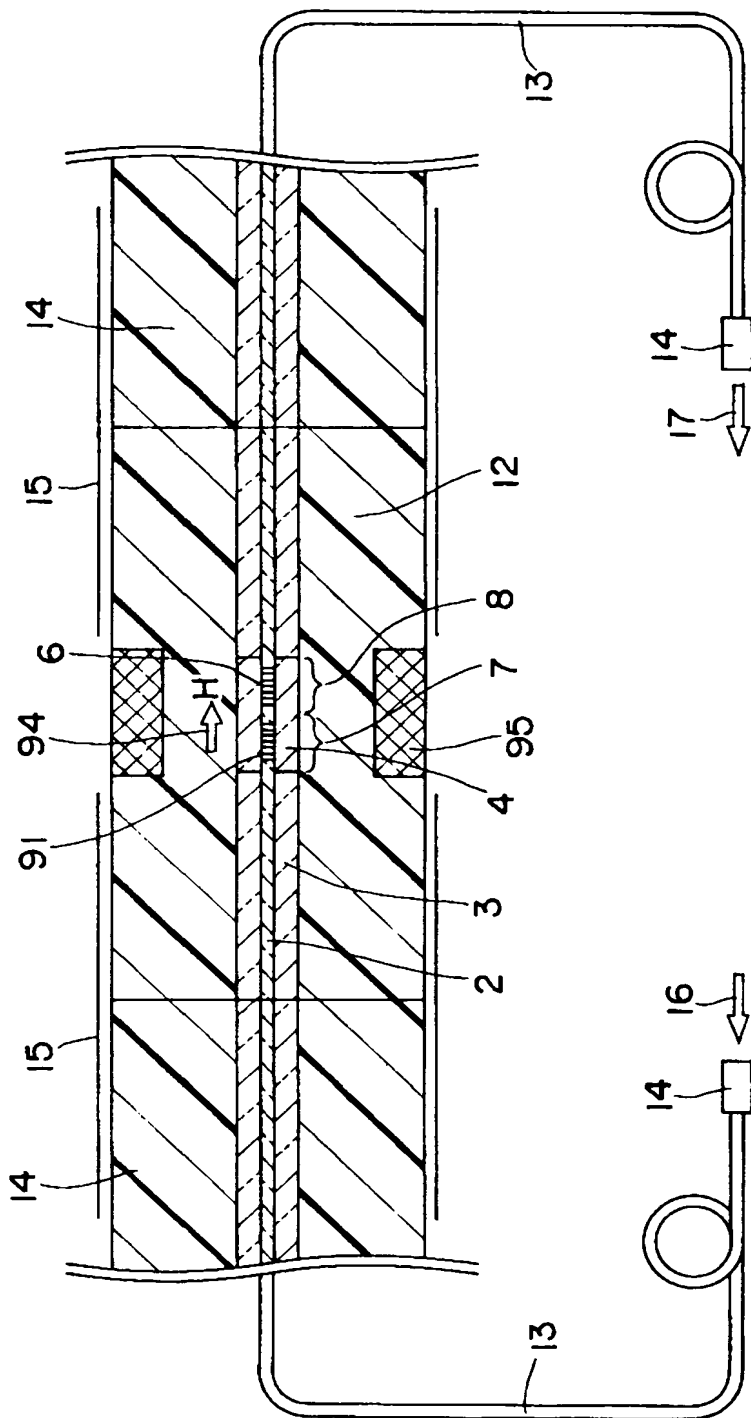
【図 7】



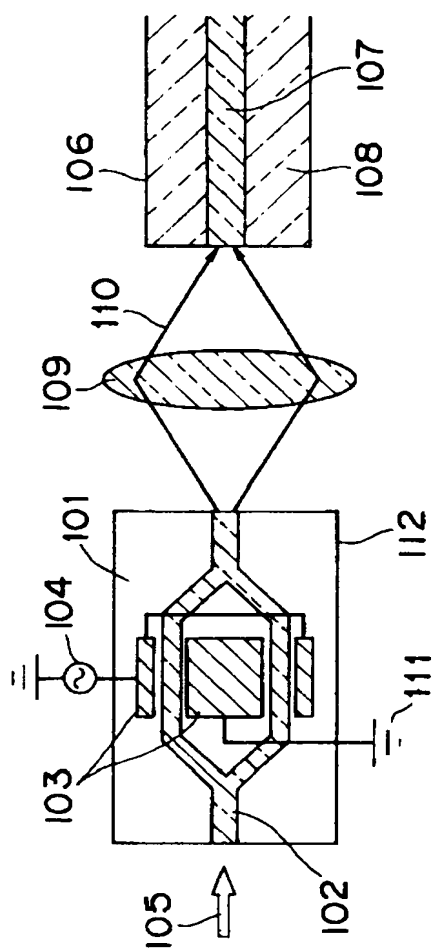
【図 8】



【図 9】



【图 10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光ファイバと簡易に光学系の結合を行うことができる光変調器等の光デバイスを提供する。

【解決手段】 光デバイスは、光が伝播するコア2と、該コアを包むクラッド3とからなる光ファイバ1の光軸に沿って一定区間に、互いに平行な複数の柱状体5、6が前記コアを貫通してなる少なくとも一つの機能部7、8を有する。好ましくは、機能部は、クラッドが部分的に除去された部分を有する。さらに好ましくは、複数の柱状体は、前記コアを形成する物質の屈折率と異なる屈折率を有する物質からなる。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 5 8 2 1 ]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 8 日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地  
氏 名 松下電器産業株式会社